

Review | Received: 15-03-2012 | Accepted: 15-06-2012

Thematic Maps for Humanitarian Demining

Andrija KRTALIĆ

University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia
kandrija@gmail.com

Abstract: The Croatian Mine Action Centre (CROMAC) reviewed, defined and marked the entire mine suspected area (MSA) in Croatia by the year 2004. However, due to the need to reduce risk and the lack of information from the deepest reaches of the MSA, its surface area was defined as larger than in reality. Mine clearance is a long-term, expensive process, and Croatia has committed itself to resolving the problem of landmines on its territory by 2019. Such developments have led to searching for and finding solutions to speed up resolution of the mine problem in Croatia (and in the world) through reducing the defined MSA. The reduction of an already defined MSA requires additional data and information from the deepest reaches of the MSA, on the basis of which a revision of existing SMEs to make reductions will be carried out. Based on these data and revision of the existing MSA, reduction can be performed. All subsequently collected data and information, together with previously known data from the CROMAC Mine Information System (MIS), are processed in the decision support system in conditions of uncertainty. The results obtained are displayed on different thematic maps, showing the positions of objects and their spatial impact on the environment. Thus, thematic maps allow insights into topics which experts in humanitarian demining can use to make decisions in the process. These thematic maps are the result of the methodology created within the project Space and Airborne Mined Area Reduction Tools (SMART), and further developed in the technological project System for Multisensor Airborne Reconnaissance and Surveillance in Emergency Situations and Environmental Protection, TP-06/0007-01, Ministry of Science, Education and Sports; Deployment of Advanced Intelligence Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction in Bosnia and Herzegovina and the author's doctoral dissertation. This paper establishes the new terminology for new, improved thematic maps that unambiguously define their content and facilitate communication between producers and users.

Keywords: thematic maps, humanitarian demining, indicators, zone of influence, weighting

1. Introduction

The end result of all demining activity in Croatia since 1991 has been a defined, marked mine suspected area (MSA). However, due to the need to reduce risk and lack of information from the deepest reaches of the MSA, its surface area has been defined as larger than in reality, on the basis of existing data from the Mine Information System (MIS). On 7 February, it covered 743.4 km² in the territory of the Republic of Croatia (URL1). Demining is a dangerous, slow, time-consuming and expensive business (the total area cleared in Croatia in 2010 was 31.8 km² (URL1)), so it has proved necessary to find another solution to reduce the MSA in Croatia and

elsewhere in the world. This second solution is the reduction of the MSA on the basis of existing and newly collected data on the extent of the MSA. Reduction does not replace classic demining. It takes place in parallel with it, preventing the expenditure of resources (equipment, people, money) on clearing areas which can be reliably determined not to contain mines. Mine clearance and reduction are complementary actions in the process of removing mines as soon as possible and restoring the entire MSA to the use the community, thus ending the mine problem in Croatia. Today, reduction methods and reviews of previous surveys are used to reduce an MSA. Danger maps provide assistance in these efforts. A danger map is a thematic map produced

Tematske karte u humanitarnom razminiranju

Andrija KRTALIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb
kandrija@gmail.com

Sažetak: Hrvatski centar za razminiranje (HCR) je još 2004. godine pregledao, definirao i označio cjelokupnu minski sumnjivu površinu (MSP) u Republici Hrvatskoj (RH). Međutim, zbog smanjenja rizika i nedostatka informacija iz dubine MSP-a, njezine granice definirane su u većim površinama nego što ih zauzima u stvarnosti. Razminiranje je dugotrajan i skup proces, a RH se obvezala da će do 2019. godine riješiti problem mina na svome teritoriju. Takav razvoj situacije dovodi do traženja i pronalaženja rješenja za ubrzavanje rješavanja minskog problema u RH (a i u svijetu) redukcijom definiranog MSP-a. Za redukciju već definiranih MSP-a potrebni su dodatni podaci i informacije iz dubine MSP-a na osnovi kojih će se revizijom postojećeg MSP-a izvršiti redukcija. Svi naknadno prikupljeni podaci i informacije, zajedno s poznatim podacima iz minskog informacijskog sustava (MIS) HCR-a, obrađuju se u sustavu za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti. Tako dobiveni rezultati prikazuju se na različitim tematskim kartama koje prikazuju položaje objekta i njihove utjecaje na okolinu u prostoru. Dakle, tematske karte na jednom prikazu daju uvid u teme na osnovi kojih eksperti u humanitarnom razminiranju mogu donositi odluke u tom procesu. Takve tematske karte rezultat su metodologije stvarane unutar projekta Space and Airborne Mined Area Reduction Tools (SMART), a dalje su razvijane: u tehnologijskom projektu Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša, TP-06/0007-01, Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH; u projektu Deployment of the Advanced Intelligence Advanced Intelligence Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction in Bosnia and Herzegovina i autorovoj doktorskoj disertaciji. Ovim radom se uspostavljaju novi nazivi unaprijeđenih i novih tematskih karata koji nedvosmisleno definiraju ono što prikazuju i olakšavaju čitljivost i komunikaciju između proizvođača i korisnika.

Ključne riječi: tematska karta, humanitarno razminiranje, indikatori, zone utjecaja, ponderiranje

1. Uvod

Krajnji rezultat ukupnih aktivnosti protuminskog djelovanja u RH od 1991. godine do danas je definirana i obilježena minski sumnjiva površina (MSP), ali su zbog smanjenja rizika i nedostatka informacija iz dubine MSP-a njezine granice definirane na osnovi postojećih podataka iz minskog informacijskog sustava (MIS) u većim površinama nego što ih zauzima u stvarnosti. Na dan 7. veljače ona zauzima 743,4 km² teritorija RH (URL1). Razminiranje je opasan, spor, dugotrajan i skup posao; u 2010. godini u RH je ukupno razminirana površina veličine 31,8 km² (URL1). Zbog toga je trebalo pronaći neko drugo rješenje za smanjivanje MSP-a u RH (a i

drugdje u svijetu). To drugo rješenje je redukcija MSP-a na osnovi postojećih i novoprikupljenih podataka o unutrašnjosti MSP-a. Redukcija ne zamjenjuje klasično razminiranje, već se odvija paralelno s njim i sprječava trošenje svih resursa (opreme, ljudi, novca) za razminiranje površina za koje se može pouzdano utvrditi da ne sadrže minsko-eksplozivna sredstva (MES). Razminiranje i redukcija su komplementarne akcije u procesu uklanjanja mina i što skorijem vraćanju cjelokupnog MSP-a na uporabu zajednici i konačnom rješenju minskog problema u RH. Stoga se danas, za smanjenje te površine, koriste metode redukcije i revizije prijašnjih izvida, a pomoć u tim naporima pružaju karte opasnosti. Karta opasnosti je tematska karta proizvedena kako bi

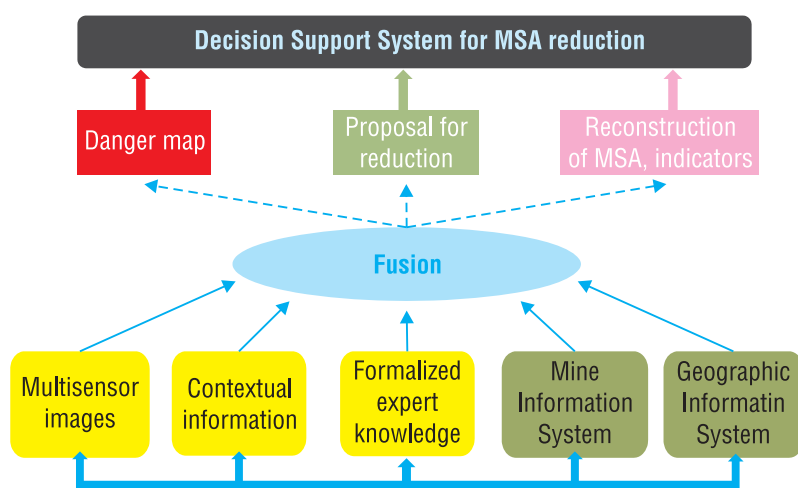


Fig. 1. Schematic presentation of the decision support system under conditions of uncertainty (Bajić et al., 2009a)

in order to provide support for competent persons in the process of humanitarian demining, i.e. experts from the Croatian Mine Action Centre (CROMAC), in making decisions about reduction, and confirming the suspected MSA, or its extension (Vanhuyse et al, 2004).

Starting from the clear and very great need, CROMAC was initiated early on in Croatia to develop and introduce methods to reduce the MSA using available conventional technology, i.e. to make the reduction of MSA a priority in humanitarian demining. Croatia was able to make a direct contribution to raising awareness and understanding of the changing needs of humanitarian demining activities. In the process of reduction in Croatia, a major role has been played by the *Advanced Intelligent Decision Support System in Conditions of Uncertainty* (AI DSS) which was designed based on experiences from the European Commission *Space and Airborne Mined Area Reduction Tools* project (SMART, EC IST-2000-25044, 2000) and developed in the technological project *System for Multisensor Airborne Reconnaissance and Surveillance in Emergency Situations and Environmental Protection*, TP-06/0007-01, Ministry of Science, Education and Sports (MSES RoC, 2007).

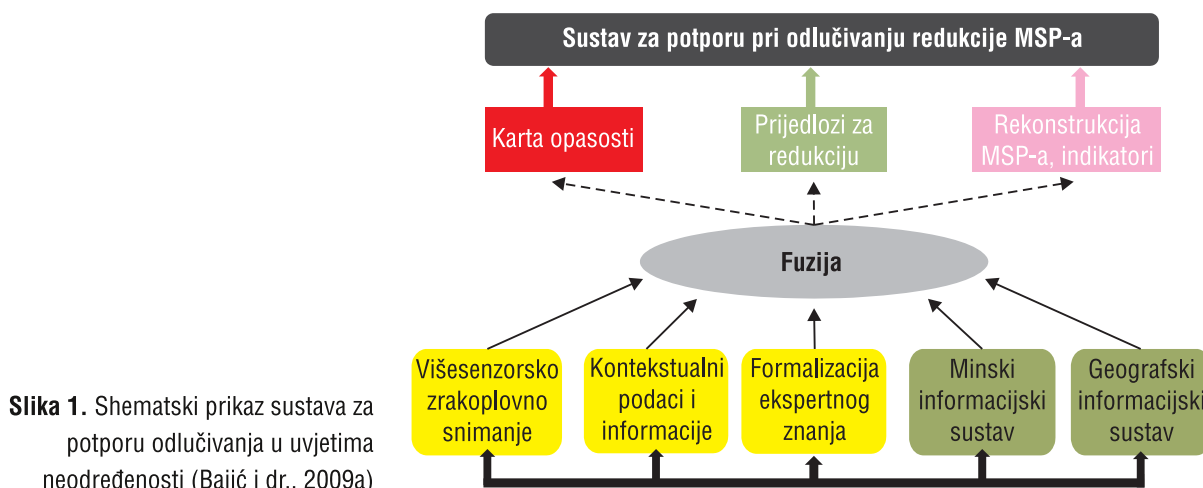
2. Decision Support Systems for Humanitarian Demining

The decision support system in conditions of uncertainty is part of AI DSS, in operational use in Croatia. The methodology of the *Decision Support System in Conditions of Uncertainty* (Fig. 1), within which processing and data fusion for humanitarian demining are carried out, has been developed within the SMART project and TP-06/0007-01 and partly advanced through the project

Deployment of Advanced Intelligence Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction (ITF, 2008) in Bosnia and Herzegovina (ITF, 2010) funded by the State Department via the *International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance* (ITF) based in Slovenia, and through a doctoral dissertation (Krtalić, 2011). The results of this system were presented in the thematic maps that helped in the ITF 2008 project to reduce the MSA by 43 km² (28 km² in the municipality of Gospić, and 15 km² in the municipality of Bilje) and to add 6 km² of MSA, previously unknown and unrecorded in MIS (official data by Mr. Davor Laura, Assistant Director of CROMAC, but not published in an official document that can be quoted).

The system analyzes and processes all available and comparable information, data and expert knowledge of the minefield. On the basis of this processing system, a presentation of the effects and interactive effects of all input data is produced, so that experts in methods of warfare and mining in a particular area can more easily make decisions about further procedures. The goal of data fusion is to produce thematic maps of influence, interaction and reliability in terms of results, by combining all the results of data processing (detection and extraction indicators, classification, detection of changes in the scene) by formalizing expert knowledge. These maps are known as *danger maps* and *confidence maps* (Vanhuyse et al., 2004).

The biggest problem within processing in this system is uncertainty. Therefore processing is conducted according to the principles and logic of fuzzy sets (fuzzy logic) (Ross, 1995) and the analytic hierarchy process (Saaty and Vargas, 2001). Uncertainty in the system is the result of the imperfection of MIS data about the MSA and subjective assessment which enters the system.



Slika 1. Shematski prikaz sustava za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti (Bajić i dr., 2009a)

odgovornima u procesu humanitarnog razminiranja, ekspertima Hrvatskog centra za razminiranje (HCR), pomogla u donošenju odluke o redukciji minski sumnjive površine, potvrdi sumnje u nju ili njezinu proširenju (Vanhuysse i dr., 2004).

Polazeći od jasne i velike potrebe, u Hrvatskoj je vrlo rano pokrenuta inicijativa u HCR-u da se razviju i uvedu metode redukcije sumnjive površine primjenom raspoložive klasične tehnologije, odnosno da se redukcija MSP-a stavi u prioritete protuminskog djelovanja. To je bio direktan doprinos Hrvatske osvješćivanju i promjeni shvaćanja o potrebama humanitarnog protuminskog djelovanja. U procesu redukcije u RH veliku ulogu igra i *Napredni inteligentni sustav za potporu odlučivanju u uvjetima neodređenosti* (NISPO), koji je koncipiran na osnovi iskustava iz projekta *Space and Airborne Mined Area Reduction Tools* (SMART, EC IST-2000-25044, 2000) Europske komisije, a nastao u tehnologijskom projektu *Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša*, TP-06/0007-01, Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH (MZOS RH, 2007).

2. Sustav za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju

Sustav za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti dio je NISPO-a, koji je u operativnoj uporabi u RH. Metodologija *Sustava za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti* (slika 1), unutar kojega se provodi obrada i fuzija podataka za potrebe humanitarnog razminiranja, razvijana je u okviru projekata SMART i TP-06/0007-01, a dijelom unaprijeđena u projektima primjene Sustava za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti, u

projektu *Deployment of the Advanced Intelligence Advanced Intelligence Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction* (ITF, 2008) in Bosnia and Herzegovina (ITF, 2010) koje je financirao State Department preko International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF) sa sjedištem u Sloveniji i doktorskoj disertaciji (Krtalić, 2011). Rezultati tog sustava prikazuju se na tematskim kartama koje su u projektu (ITF, 2008) pomogle u redukciji MSP-a za 43 km² (28 km² u općini Gospić i 15 km² u općini Bilje) i dodavanju 6 km² u MSP koji nisu bili prije poznati i evidentirani u MIS-u (službeni podaci ustupljeni od g. Davora Laure, pomoćnika ravnatelja HCR-a, ali nisu objavljeni u zvaničnim dokumentima koji se mogu citirati).

Sustav analizira i obrađuje sve usporedive dostupne informacije, podatke i ekspertna znanja o minskoj sceni, te se na osnovi te obrade izrađuju prikazi utjecaja i međudjelovanja utjecaja svih ulaznih podataka kako bi eksperti za načine ratovanja i miniranja na nekom prostoru, na osnovi podataka s tih prikaza, mogli lakše donositi odluke o daljnjem postupanju. Cilj fuzije podataka je kombiniranjem svih rezultata obrade (otkrivanja i izdvajanja indikatora, klasifikacije, detekcije promjena na sceni) i formaliziranjem ekspertnih znanja proizvesti tematske karte utjecaja, interakcije i pouzdanosti tih rezultata: *karte opasnosti* i *uvjerljivosti* (Vanhuysse i dr., 2004).

Najveći problem unutar obrada u sustavu je neodređenost, i stoga se one provode po načelima i logici neizrazitih skupova (*fuzzy logic*) (Ross, 1995) i analitičkih hijerarhijskih procesa (Saaty i Vargas, 2001). Neodređenost u sustavu je rezultat nesavršenosti podataka MIS-a o MSP-u i subjektivnih procjena koje ulaze u sustav.

2.1. Indicators in humanitarian demining

Indicators of mine presence and absence (van Genderen and Maathuis 1999; ARC, 2004; Vanhuyse, 2002) were introduced and well defined within the SMART project research. Indicators of mine presence are objects within the MSA that are assumed to be protected by mines. Alternatively, indicators of mine absence (Vanhuyse, 2002) are objects (areas) within the MSA that are assumed not to contain mines. A list of indicators (Vanhuyse, 2002; URL2) is established for each region of interest, depending on type and configuration of the terrain (Table 1) (Bajić et al., 2009b). Experts in methods of warfare and mining in a particular area and experts in remote sensing participate in its creation.

In order to produce danger maps, the importance of indicators (Table 1) must be determined, i.e. the degree of probability of the presence of mines (Vanhuyse et al., 2004). For example, mines are much more likely to be located close to where mine accidents have occurred, than close to ruined houses. Mines are laid to protect areas, or to deny territorial advantages to the enemy. In either case, mines are associated with locations and facilities which are presentsuitable for mining.

3. Thematic Maps in Humanitarian Demining

A thematic map is, by definition, a cartographic presentation of various topics from the natural and social world set in a spatial relationship. It is a map presenting one or more general geographic features (settlements, roads, relief, water, vegetation and areas) or other features highlighted by special map graphics and given special importance (Frančula and Lapaine, 2008). In this case, features of special importance are indicators of mine presence or absence, while the ways in which they interact, as well as their influence on the environment, are topics related to the space around them.

Danger maps are thematic maps that show all the indicators of mine presence with accompanying zones of impact and estimated levels of danger in these zones. They bring together and show the results of the decision support system for humanitarian demining, indicators of mine presence/absence, zone of environmental impact and the reliability of results. The indicators (features and presentation topics) are vectorised (mapped), based on the highest resolution multisensor images and stored as MIS (GIS) images, which can be displayed to the scale of any geodetic document or map. Thus, a danger map can be presented as a single display (a thematic maps with its own scale) or as a level through another MIS (GIS) level (in this case, the referential scale level).

Table 1. List of indicators of mine presence and absence with scale of importance and control points of accompanying functions for the production of danger maps for flat terrain (Bajić et al., 2009b)

Indicator of mine presence	Risk starting from (m)	Maximum risk from (m)	Maximum risk to (m)	No risk from (m)	Order of importance
Mine accidents	0	0	100	200	1
Reconstructed position of the minefield	Affected zone represents area of indicators				2
Orientation point from minefield records	0	0	100	200	3
Trench	0	50	400	500	4
Bunker	0	50	400	500	5
Dry-wall	0	50	400	500	6
Shelters for infantry and artillery	0	40	200	300	7
Natural objects used as firing positions	0	50	400	500	8
Bridges and fords	0	0	100	150	9
Shallow draughts	0	0	150	250	10
Demolished houses on the first line of defence	0	50	200	300	11

Indicators of mine absence

House in use	Affected zone is the area of indicators
Cultivated areas	Affected zone is the area of indicators
Impassable natural obstructions	Affected zone is the area of indicators
Pathways in use	Affected zone is the area of indicators

2.1. Indikatori u humanitarnom razminiranju

Tijekom istraživanja u projektu SMART uvedeni su i dobro definirani pojmovi *indikator minske prisutnosti* i *indikator minske odsutnosti* (van Genderen and Maathuis, 1999; ARC, 2004; Vanhuyse, 2002), s pouzdanim podacima s terena i podlogama na kojima ih je perspektivno isticati (Vanhuyse, 2002). Indikatori minske prisutnosti su objekti unutar MSP-a za koje se pretpostavlja da su branjeni MES-om. Odnosno, indikatori minske odsutnosti (Vanhuyse, 2002) su objekti (površine) unutar MSP-a za koje se pretpostavlja da ne sadrže MES. Lista indikatora (Vanhuyse, 2002; URL2) uspostavlja se za svako područje interesa u ovisnosti o vrsti i konfiguraciji terena, tablica 1 (Bajić i dr., 2009b) i u njezinu formiranju sudjeluju eksperti za načine miniranja i ratovanja u nekom sukobu i eksperti za daljinska istraživanja.

U svrhu izrade karte opasnosti indikatorima se određuje važnost (tablica 1), odnosno stupanj vjerojatnosti da su branjeni MES-om (Vanhuyse i dr., 2004). Npr. veća je vjerojatnost da se mine nalaze u blizini mjesta gdje se dogodila minska nesreća, nego u blizini srušene kuće. MES je postavljen u svrhu obrane područja ili uskraćivanja prednosti druge strane na određenom teritoriju. U oba je slučaja MES povezan uz scenu i погодне objekte na njoj.

3. Tematske karte u humanitarnom razminiranju

Tematska karta je prema definiciji kartografski prikaz najrazličitijih tema iz prirodnog i društvenog područja koje su neposredno vezane uz prostor. To je karta na kojoj su jedan ili više općegeografskih objekata (naselja, prometnice, reljef, vode, vegetacija i područja) ili neki drugi objekti posebnom kartografikom istaknuti i prikazani s posebnom važnošću (Frančula i Lapaine, 2008). U ovom slučaju, objekti od posebne važnosti su indikatori minske prisutnosti ili odsutnosti, a njihov međusobni i utjecaj na okolinu su tema vezana uz prostor oko njih. *Karte opasnosti* su tematske karte koje prikazuju sve indikatore minske prisutnosti sa zonama djelovanja oko njih i razinom procijenjene opasnosti od minske prisutnosti u tim zonama. One objedinjuju i prikazuju rezultate sustava za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju, indikatore minske prisutnosti/odsutnosti, zone njihova utjecaja na okolinu i pouzdanost tih rezultata. Indikatori (objekti i teme prikazivanja) se vektoriziraju (kartiraju) na osnovi najbolje razlučivosti multisenzorskih snimaka i pohranjuju kao razina u MIS-u (GIS-u) i mogu se prikazivati u mjerilu bilo koje geodetske osnove ili zemljovida. Dakle, mogu se prikazivati kako samostalan prikaz (tematska karta u svom mjerilu) ili kao razina preko neke druge MIS (GIS) razine (u tom slučaju u mjerilu referentne razine).

Tablica 1. Lista indikatora minske prisutnosti i odsutnosti s gradacijom važnosti i kontrolnim točkama funkcije pripadnosti za izradu karte opasnosti za ravničarski tip terena (Bajić i dr., 2009b)

Indikator minske prisutnosti	Rizik počinje od (m)	Maksimalni rizik od (m)	Maksimalni rizik do (m)	Nema rizika od (m)	Redoslijed važnosti
minska nesreća	0	0	100	200	1
rekonstruirani položaj minskog polja	Zona utjecaja je površina indikatora				2
orijentirna točka iz minskog zapisnika	0	0	100	200	3
rov	0	50	400	500	4
bunker	0	50	400	500	5
suhozid	0	50	400	500	6
zakloni za pješništvo i topništvo	0	40	200	300	7
prirodni objekti uređeni za vatreno djelovanje	0	50	400	500	8
mostovi i mosni prijelazi	0	0	100	150	9
plitki gazovi	0	0	150	250	10
srušene kuće na prvoj liniji obrane	0	50	200	300	11

Indikatori minske odsutnosti

kuće u upotrebi	Zona utjecaja je površina indikatora
površine koje se koriste	Zona utjecaja je površina indikatora
neprohodne prirodne zapreke	Zona utjecaja je površina indikatora
putovi koji se koriste	Zona utjecaja je površina indikatora

Glinska poljana: Karta opasnosti 1 / **Danger map 1**
 Diskretna lokacijska karta / **Discrete location map**



Legenda / Legend

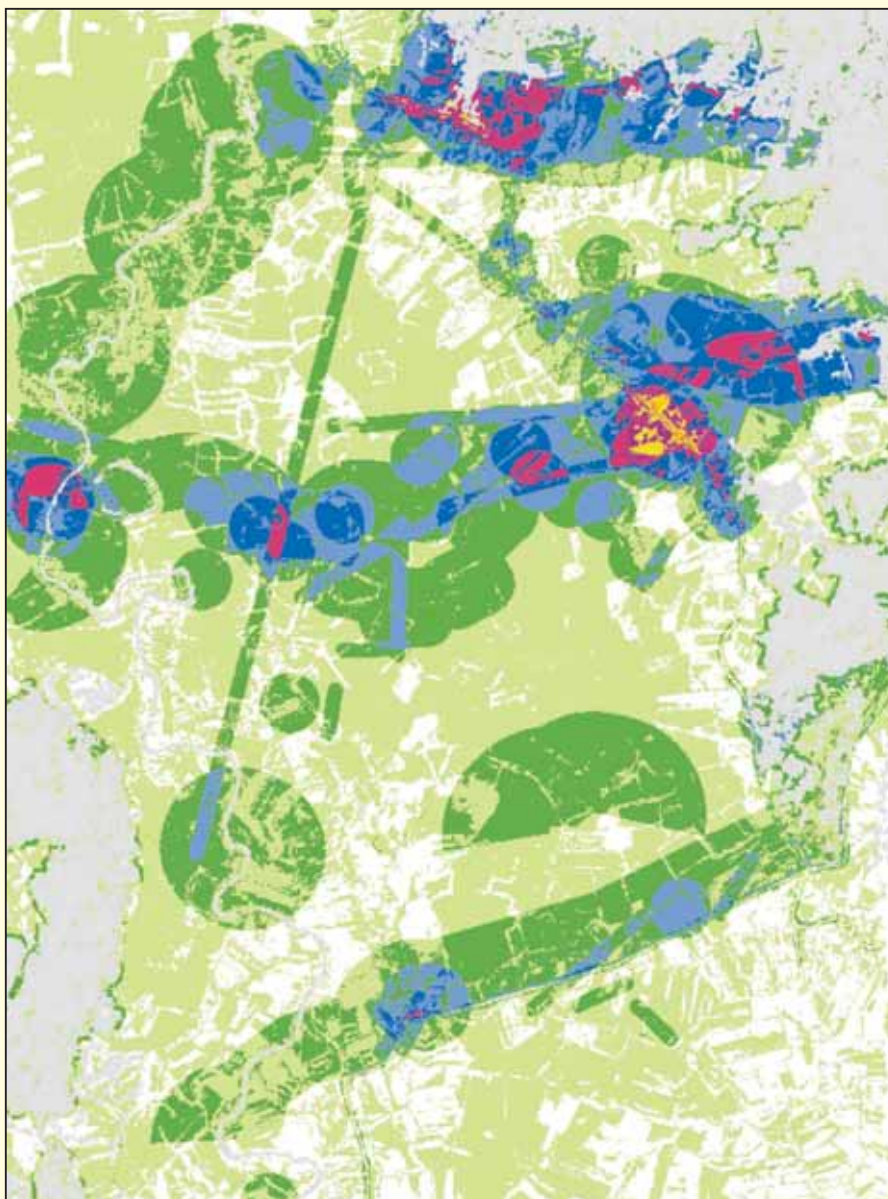
- Područja utjecaja IMP-a / **Areas of influence of IMP**
- Poljoprivredne površine izvan upotrebe / **Agricultural areas that are not in use**
- Napuštene poljoprivredne površine / **Abandoned agricultural areas**
- IMP (Indikatori minske prisutnosti) / **IMP (Indicators of mine presence)**
- Područja bez podataka / **Areas without data**
- Područja izvan interesa projekta SMART / **Areas out of scope of SMART project**
- Razminirana područja (MIS, 2001) / **Demined areas (MIS, 2001)**

1000 500 0 1000 m



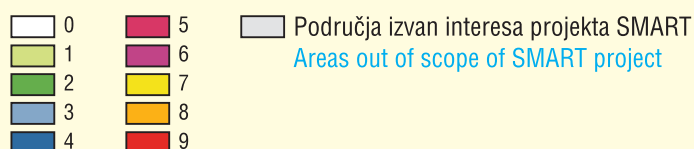
Fig. 2. Examples: (left page) discrete location map and (right page) discrete map of number of indicators with zones of influence (according to Vanhuysse et al., 2004)

Glinska poljana: Karta opasnosti 3 / **Danger map 3**
 Diskretna karta broja indikatora / **Discrete number of indicators map**
 Indikatori minske prisutnosti / **Indicators of mine presence**



Legenda / **Legend**

Broj IMP-a (s njihovim zonama utjecaja) / **Number of IMP (with zones of influence)**



1000 500 0 1000 m



Slika 2. Primjeri: (lijeva stranica) diskretna lokacijska karta i (desna stranica) diskretna karta broja indikatora s njihovim zonama utjecaja (prema Vanhuysseu i dr., 2004)

3.1. Danger maps within the SMART project

Thematic maps in humanitarian demining are created in relation to both indicators of mine presence, and indicators of mine absence, since they contain contradictory information about the actual situation on the ground. Two types of danger maps were defined within the SMART project methodology: *discrete* and *continuous* (Bloch et al., 2007; Vanhuyse et al., 2004).

3.1.1. Discrete danger maps

There are two types of presentation (Bloch et al., 2007; Vanhuyse et al., 2004) defined within the notion of a discrete thematic map: *location maps* and *maps showing numbers of indicators*. *Discrete location maps* (Fig. 2a) indicate the zone of influence of indicators on the environment, based on expert knowledge of methods of placing mines (Matić et al., 2004) around detected indicators, and the joint effect of all indicators on the location observed (Bloch et al., 2007; Vanhuyse et al., 2004). A *discrete map of the number of indicators* (Fig. 2b) displays the area influenced by two or more indicators (Vanhuyse et al., 2004).

3.1.2. Continuous danger maps

In continuous thematic presentation, two types have been defined (Vanhuyse et al., 2004): *location maps* and *confidence maps*.

Continuous location maps show zones of influence (based on expert assessment of mining methods) around all detected indicators, and differ from discrete maps by showing the interaction between types of indicator based on importance (*weighting*) within a set of indicators, not only the common effect of all indicators (Bloch et al., 2007) (Fig. 3a). Thus, additional expert knowledge is used (indicator ranking) on the basis of which affiliated functions are determined, in order to show the effects of individual indicators on the environment and each other. The scale of danger is also shown on the danger map and can be read directly from it. The greater the presence of red in the surface designated, the greater is the risk of mine presence. It is important to emphasise that a lack of information on risk level for areas within the MSA does not mean that the risk level is zero, but rather that information for such areas has not been collected, so they are still considered part of the MSA.

A *confidence map* is a thematic map which shows the degree of confidence of claims presented on a continuous location map (Vanhuyse et al., 2004) (Fig. 3b).

A confidence map shows the degree of confidence regarding the degree of danger displayed on a continuous location map. The greater the red surface, the greater the degree of danger.

Mine scene interpreters determine subjectively the confidence of indicators, or to what degree they are confident in identifying object-indicators (Matić et al., 2004). Strong indicators of mine presence (a trench, bunker, drywall, underground shelter) are largely extracted interactively, due to their specific shape and the materials they are built from, rather than by means of automatic processing.

3.2. New terminology for danger maps in humanitarian demining

On the basis of operational experiences working with the decision support system in humanitarian demining on projects ITF 2008 and ITF 2010, and the research work on project MZOS RH, 2007, as well as Krtalić's doctoral dissertation (Krtalić, 2011), this paper seeks to introduce new thematic map terminology in humanitarian demining, which better describes what the maps show, according to the author. Apart from the new terms, more attention has been paid while creating them to strong indicators of mine presence, interactively selected and treated differently than in the SMART project. The differences, however, will not be considered in this paper.

3.2.1. Danger map

The term *discrete location map*, indicating mine presence, is replaced by the term *danger map*, since this thematic map shows the area marked as dangerous by the decision support system in humanitarian demining, on the basis of all available data. Thus, there is an analytical assessment of the danger level.

The term *discrete location map of the indicators of mine absence* has been replaced by the term *proposed reduction map* (Fig. 4). This thematic map shows areas marked as non-threatening by the decision support system in humanitarian demining, on the basis of all available data. Following verification by the staff of CROMAC, they may be excluded from the MSA.

3.2.2. Map of impact indicators in the same place

The term *discrete map of number of indicators* (either of mine presence or absence) is replaced by the term *map of impact indicators in the same place*. This thematic map

3.1. Karte opasnosti u projektu SMART

Tematske karte u humanitarnom razminiranju izrađuju se posebno za indikatore minske prisutnosti, a posebno za indikatore minske odsutnosti, budući da nose kontradiktorne informacije o sceni. U okviru metodologije projekta SMART definirana su dva tipa karata opasnosti: *diskretne* i *kontinuirane* (Bloch i dr., 2007; Vanhuyse i dr., 2004).

3.1.1. Diskretne karte opasnosti

Unutar diskretnih tematskih karata također se definiraju dva prikaza (Bloch i dr., 2007; Vanhuyse i dr., 2004): *lokacijske karte* i *karte broja indikatora*. Na *diskretnim lokacijskim kartama* (slika 2a) označavaju se zone utjecaja indikatora na okolinu na osnovi ekspertnih znanja o načinu miniranja (Matić i dr., 2004) oko svih otkrivenih indikatora, odnosno zajednički utjecaj svih indikatora na promatranoj sceni (Bloch i dr., 2007; Vanhuyse i dr., 2004). *Diskretna karta broja indikatora* (slika 2b) otkriva na kojim površinama djeluju dva ili više indikatora (Vanhuyse i dr., 2004).

3.1.2. Kontinuirane karte opasnosti

Unutar kontinuiranih tematskih prikaza također se definiraju dva prikaza (Vanhuyse i dr., 2004): *lokacijska karta* i *karta uvjerljivosti*.

Na *kontinuiranim lokacijskim kartama* označavaju se zone utjecaja na osnovi procjena eksperta za načine miniranja oko svih otkrivenih indikatora, a od diskretnih prikaza razlikuju se u tome što prikazuju i interakciju između pojedinih vrsta indikatora na osnovi njihove važnosti (*težine*) unutar skupa indikatora, a ne zajednički utjecaj svih indikatora (Bloch i dr., 2007) (slika 3a). Dakle, ovdje se primjenjuju dodatna ekspertna znanja (rangiranje indikatora po važnosti) na osnovi kojih se određuju funkcije pripadnosti kako bi se prikazali pojedinačni i međusobni utjecaji indikatora na okolinu. Na kartama je prikazana i skala opasnosti pa se može očitavati direktno s karte, što je površina crvenija, to je opasnost od prisutnosti mina veća. Ovdje je važno naglasiti da nepostojanje informacija o razini opasnosti za površine unutar MSP-a ne znači da je na njima razina opasnosti jednaka nuli, već da za te površine nisu prikupljene informacije na osnovi kojih bi se procijenila razina opasnosti, a one se i dalje smatraju dijelom MSP-a.

Karta uvjerljivosti je tematski prikaz koji pokazuje uvjerljivost tvrdnji prikazanih na kontinuiranoj lokacijskoj karti (Vanhuyse i dr., 2004) (slika 3b).

Karta uvjerljivosti prikazuje uvjerljivost tvrdnji o razini opasnosti na kontinuiranoj lokacijskoj karti. Što je površina crvenija, uvjerljivost tvrdnji o opasnosti je veća.

Interpretatori minske scene pri isticanju jakih indikatora subjektivno određuju uvjerljivost indikatora, odnosno koliko su uvjereni u tvrdnju da se radi baš o tome objektu/indikatoru (Matić i dr., 2004). Jaki indikatori minske prisutnosti (rov, bunker, suhozid, razni ukopani zakloni) se zbog svog specifičnog oblika i materijala od kojih su izgrađeni u većoj se mjeri izdvajaju interaktivno, a manje automatskim obradama.

3.2. Novi nazivi karata opasnosti u humanitarnom razminiranju

Na osnovi operativnih iskustava u radu sa sustavom za potporu odlučivanja u humanitarnom djelovanju iz navedenih projekata (ITF, 2008) i (ITF, 2010), te istraživačkom radu na projektu (MZOS RH, 2007) i doktorskoj disertaciji (Krtalić, 2011), ovim se radom uvode novi nazivi tematskih karata u humanitarnom razminiranju, koje prema mišljenju autora bolje opisuju ono što te karte prikazuju. Uz nove nazive, veća pozornost pri njihovoj izradi posvećuje se jakim indikatorima minske prisutnosti koji su interaktivno izdvojeni i tretiraju se na drugačiji način nego u metodologiji projekta SMART. Te razlike, međutim, neće se razmatrati u ovom članku.

3.2.1. Karta opasnosti

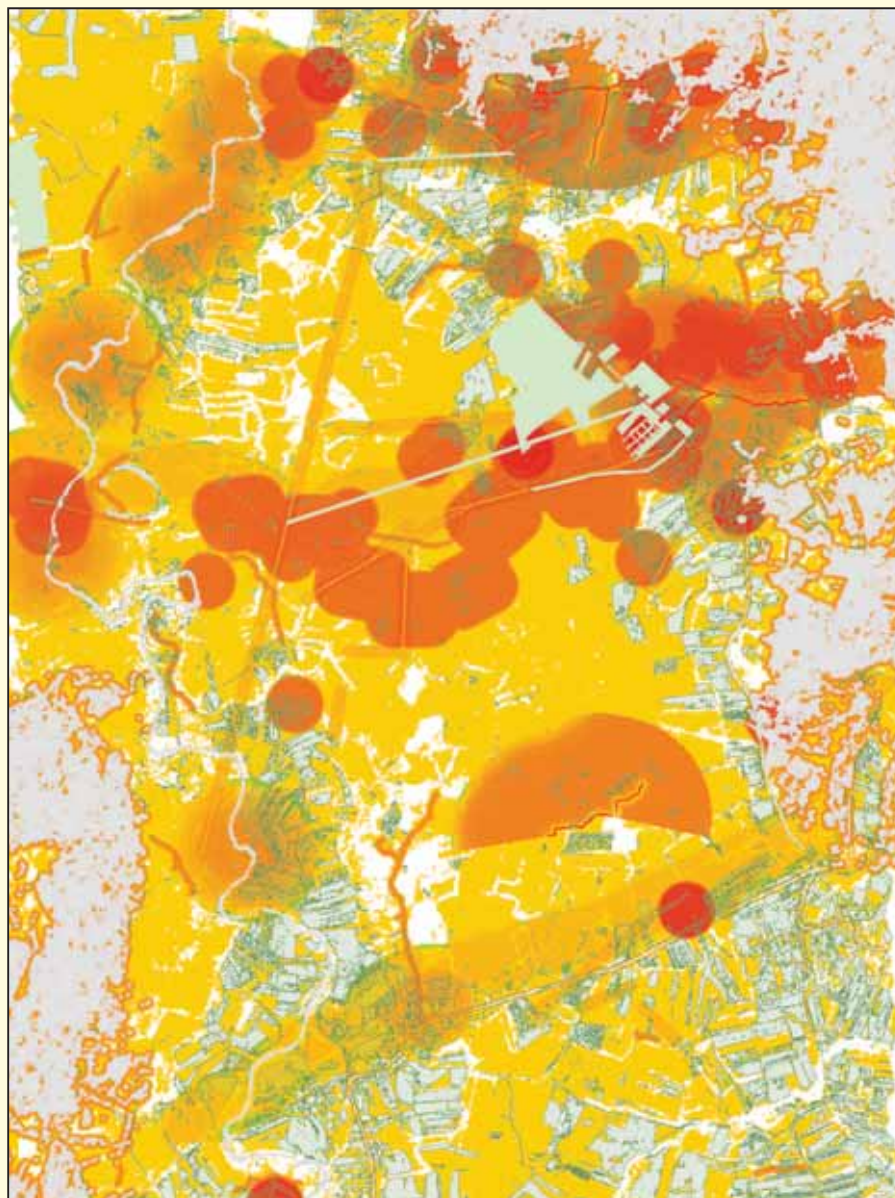
Naziv *diskretna lokacijska karta* indikatora minske prisutnosti zamjenjuje se nazivom *karta opasnosti*. Naime, ta tematska karta prikazuje površinu koju je sustav za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju na osnovi svih dostupnih podataka označio kao opasnu. Dakle, postoji analitička procjena o razini njezine opasnosti.

Naziv *diskretna lokacijska karta* indikatora minske odsutnosti zamjenjuje se nazivom *karta prijedloga redukcije* (slika 4). Ta tematska karta prikazuje površine koje je sustav za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju na osnovi svih dostupnih podataka označio kao neopasne i nakon provjere, od strane djelatnika HCR-a, mogu se isključiti iz MSP-a.

3.2.2. Karta istomjesnog utjecaja indikatora

Naziv *diskretna karta broja indikatora* (bilo minske prisutnosti ili odsutnosti) zamjenjuje se nazivom *karta istomjesnog utjecaja indikatora*. Ta tematska karta također

Glinska poljana: Karta opasnosti 2 / **Danger map 2**
 Kontinuirana lokacijska karta / **Continuous location map**



Legenda / Legend

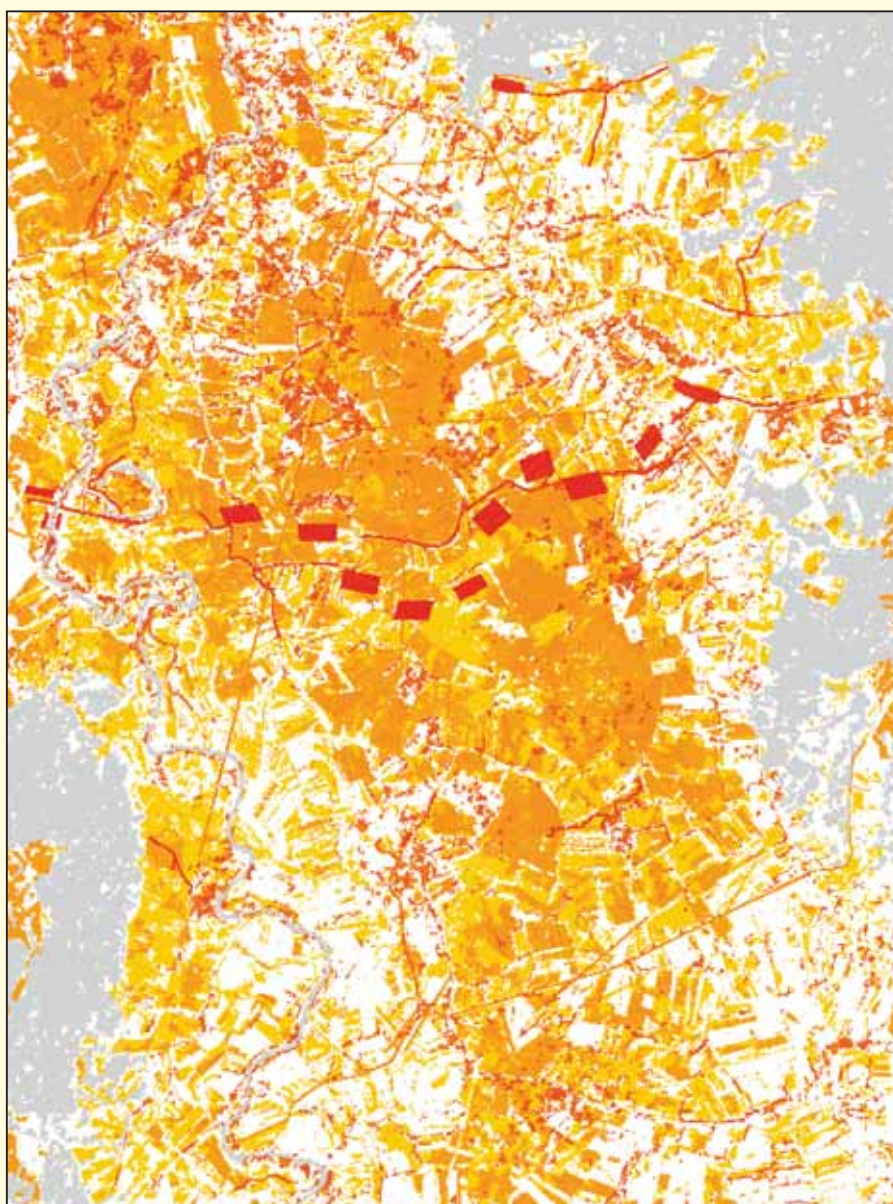
-  Visoka / **High** : 171
 Niska / **Low** : 0
 Stupanj opasnosti / **Degree of danger**
-  IMP (Indikatori minske prisutnosti) / **IMP (Indicators of mine presence)**
 Područja izvan interesa projekta SMART / **Areas out of scope of SMART project**
 Razminirana područja (MIS, 2001) / **Demined areas (MIS, 2001)**
 Područja bez podataka / **Areas without data**

1000 500 0 1000 m



Fig. 3. (left page) Example of a danger map showing degree of danger scale (green = low: the redder the surface, the greater the risk); (right page) Example of confidence map with degree of confidence scale (according to Vanhuysse et al., 2004)

Glinska poljana: Karta opasnosti 5 / **Danger map 5**
 Kontinuirana karta uvjerljivosti / **Continuous confidence map**
 Indikatori minske prisutnosti / **Indicators of mine presence**



Legenda / Legend

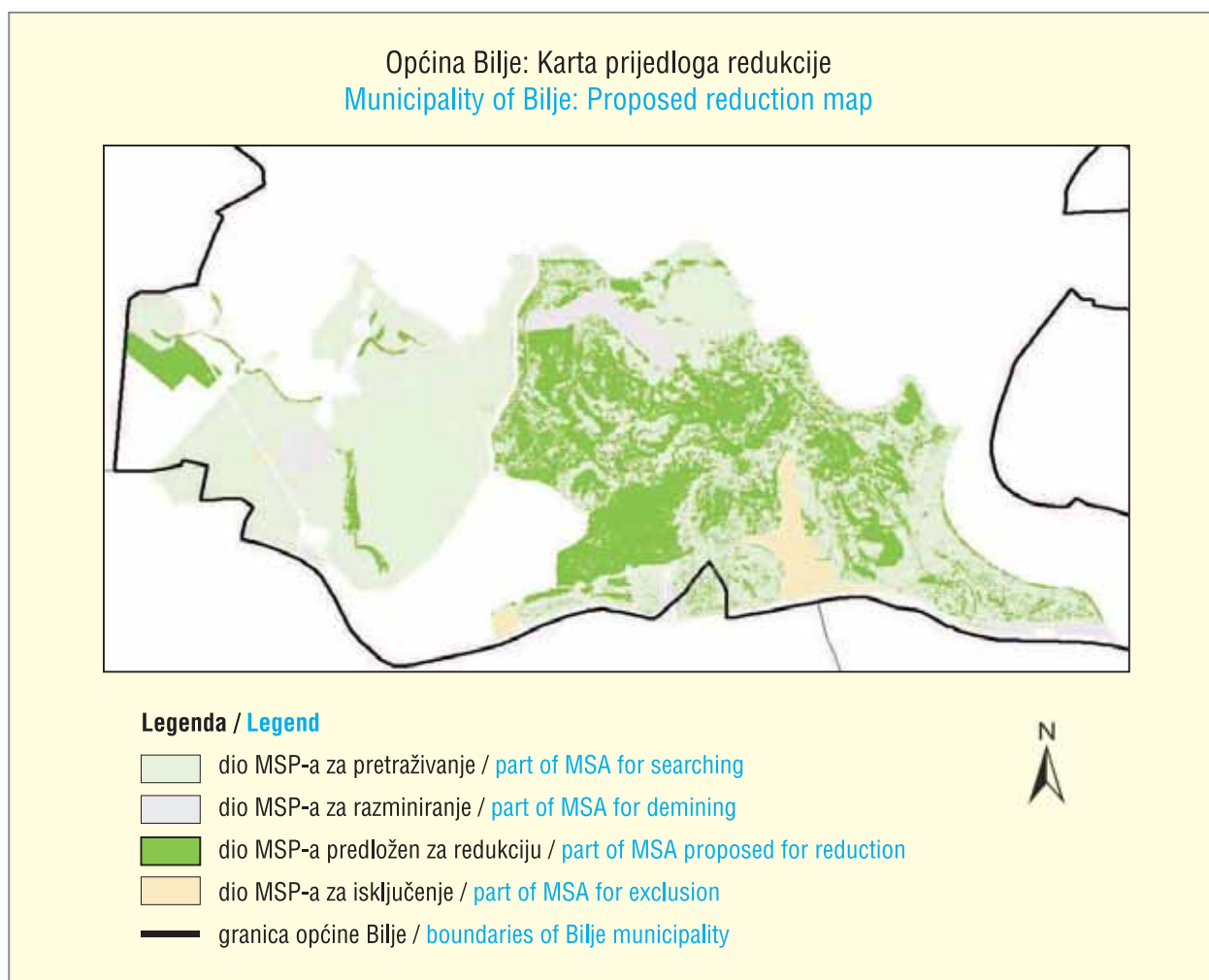
- Visoki / **High** : 130
 Niski / **Low**: 0
 Područja bez podataka o uvjerljivosti (za IMP-e)
 Područja izvan interesa projekta SMART

Stupanj uvjerljivosti / **Degree of confidence**



1000 500 0 1000 m

Slika 3. (lijeva stranica) Primjer karte opasnosti sa skalom razine opasnosti (zeleno = niska razina, a što je površina crvenija to je razina opasnosti veća); (desna stranica) Primjer karte uvjerljivosti sa skalom razine uvjerljivosti (prema Vanhuysseu i dr., 2004)



Slika 4. Primjer karte prijedloga redukcije za MSP Bilje (Bajić i dr., 2009b)

Fig. 4. Example of proposed reduction map for MSA Bilje (Bajić et al., 2009b)

also shows the area designated hazardous by the decision support system for humanitarian demining, and includes additional information about locations where the zones of influence of environmental indicators overlap, in, i.e. areas within the MSA affected by two or more indicators. This term also better describes the map contents, since if the danger zone drawn around the indicators did not overlap, the former map term might suggest that only one indicator was shown.

3.2.3. Risk-weighted map

The term *continuous location map* is replaced by the term *risk-weighted map*. This is a thematic map which shows the degree of danger (risk) based on the importance (weight) of a particular indicator of mine presence,

obtained by applying the analytical hierarchy process (Saaty and Vargas, 2001) within the decision support system in humanitarian demining.

3.2.4. Confidence of risk-weighted map

This thematic map shows the confidence level of statements (results) derived within the decision support systems for humanitarian demining, or the extent to which the system is "certain" of statements calculated and displayed on a risk-weighted map and proposed reduction map. Hence, the term *continuous confidence map* is replaced by *confidence of risk-weighted map* (for indicators of mine presence), and a new term, *confidence of proposed reduction map* (for indicators of mine absence) is introduced.



Slika 5. Primjer prijevora između informacija o istoj površini (površina omeđena zelenim vektorom je u upotrebi, a crveni poligon označava rekonstruirani položaj minskog polja na osnovi informacija iz minskog zapisnika) koji se prikazuje na karti prijevora (Krtalić i dr., 2010)

Fig. 5. An example of controversial information on the same area (surrounded by a green vector, and red polygon, indicating the location of minefields reconstructed on the basis of information from minefield records) displayed on a controversy map (Krtalić et al., 2010).

prikazuje površinu koju je sustav za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju označio kao opasnu, s dodatnom informacijom o mjestima gdje se zone utjecaja indikatora na okolinu preklapaju, odnosno na kojim površinama unutar opasne površine djeluju dva ili više indikatora. Taj naziv također bolje opisuje ono što ova karta prikazuje, jer u slučaju da se zone opasnosti iscrtane oko indikatora ne preklapaju, stari naziv karte bi sugerirao da je na njoj prikazan samo jedan indikator.

3.2.3. Karta ponderirane opasnosti

Naziv *kontinuirana lokacijska karta* zamjenjuje se nazivom *karta ponderirane opasnosti*. Ta tematska karta prikazuje ponderirane razine opasnosti na osnovi važnosti (težine) pojedinog indikatora minske prisutnosti koje su dobivene primjenom analitičkih hijerarhijskih procesa (Saaty i Vargas, 2001) unutar sustava za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju.

3.2.4. Karta uvjerljivosti ponderirane opasnosti

Ta tematska karta prikazuje razinu uvjerljivosti tvrdnji (rezultata) sustava za potporu odlučivanja u humanitarnom razminiranju, odnosno koliko je sustav "siguran" u tvrdnje izračunate i prikazane na kartama ponderirane opasnosti i prijedloga redukcije. Zbog navedenog, naziv *kontinuirana karta uvjerljivosti* mijenja se u *karta uvjerljivosti ponderirane opasnosti* (za indikatore minske prisutnosti), a uvodi se i novi naziv *karta uvjerljivosti prijedloga za redukciju* (za indikatore minske odsutnosti).

3.2.5. Karta prijevora

Zbog nesavršenosti informacija i podataka iz MIS-a (ponajviše informacija iz minskih zapisnika) može se dogoditi da su rezultati sustava u opreci, odnosno da se ista površina pojavljuje na karti opasnosti (diskretnoj lokacijskoj karti) oba tipa indikatora (prisutnosti i odsutnosti, slika 5).

Takvi se slučajevi prikazuju na posebnoj tematskoj karti – *karti prijevora* (konflikata) (Krtalić i dr., 2010) i rješavaju ih odgovorne djelatne osobe HCR-a na osnovi terenskog izvida njihovih djelatnika.

4. Zaključak

Tematske karte u humanitarnom razminiranju prikazuju široku lepezu tema koje su bitne za razne razine djelovanja unutar zajednice humanitarnog razminiranja. Prikazuju se: položaji indikatora minske prisutnosti i odsutnosti; zajednički utjecaj njihovih zona utjecaja na okolinu, kao i međusobni i pojedinačni ponderirani utjecaji na okolinu; područja MSP-a predložena za redukciju (na osnovi dostupnih informacija obrađenih znanstvenim metodama i podataka iz MIS-a, prikupljenih NISPO-om, iz satelitskih snimaka i kontekstualnih podataka, sustav ove površine tretira kao sigurne); razine uvjerljivosti svih navedenih tvrdnji (unutarnja analiza rezultata). Svi navedeni objekti se nalaze unutar

3.2.5. Controversy map

Due to the imperfection of information and data from the MIS (mostly from mine records), results from the system may be contradictory, as the same area appears on danger maps of both types of indicators (presence and absence, Fig. 5).

Such cases are displayed in a separate thematic map, known as a *controversy (conflict) map* (Krtalić et al, 2010) and are dealt with by responsible officials from CROMAC, based on the field surveys of their employees.

4. Conclusion

Thematic maps in humanitarian demining present a variety of topics relevant to different levels of activity within the community of humanitarian demining. The following items are shown: the position of indicators of mine presence and absence; the joint impact of their zones of influence on the environment, as well as mutual and individual weighted impacts on the environment; the areas of MSA proposed for reduction (based on available information and data from the MIS, collected within AI DSS, from satellite images and contextual information processed by scientific methods; the system treats these areas as safe), and the level of confidence of all the above (for internal results analysis). All named objects are located within the MSA, which means that they are not available to CROMAC employees, whose knowledge of them results from desk analysis. The results of these analyses are complemented by the results of the decision support system for humanitarian demining in terms of uncertainty. In this way, an objective level of confidence is assigned to all information and data displayed on thematic maps.

Information and data from these maps can be used by employees of CROMAC responsible for determining priorities in a survey intended to review the MSA (where the areas proposed for reduction are located), globally (at the level of the entire MSA in Croatia, provided that new data are collected on the entire MSA) or locally (at the level of an individual MSA). CROMAC scouts (deminers) can carry out detailed preparations on the basis of information from these thematic maps before going into the field.

Thematic maps for humanitarian demining are "live material", i.e. rely initially on a subjective set of parameters (impact zone of indicators) that depend on various factors (field configuration). This means they can be made in several variants, according to different scenarios, all of which can also be used by CROMAC employees in their analysis.

The above leads to the conclusion that thematic maps are very useful in current CROMAC activities on the reduction of the MSA, and also in other national demining centres. However, the production of these maps requires different types of experts with different levels of knowledge of GIS and mapping, so precision in assigning terminology to certain thematic maps (i.e. the information that they contain) is of great importance in their use and communication between producers and users. This paper makes a contribution by determining the new terminology of thematic maps in humanitarian demining, better characterizing and describing the contents of maps. Thus, the results of scientific methods of data processing and information on the MSA are clearly named and defined and made accessible to the end user. In this way, legibility and communication between producers and end users is improved.

Literatura / References

- ARC (2004): ARC Final Public Report, Project funded by the European Community under the "Information Society Technology" Programme (1998–2002)
- Bajić, M., Buhin, L., Krtalić, A., Cvetko, T., Čandar, Z., Gold, H., Laura, D., Matić, D., Pavković, N., Vuletić, D. (2009a): Fusion of Data, a Priori Information, Contextual Information and Experts' Knowledge for Support of the Decision Making About Mine Suspected Area Reduction, International Symposium "Humanitarian Demining 2009", Šibenik, Croatia, 27–30, April, pp. 11–14
- Bajić, M., Krtalić, A., Gold, H., Čandar, Z., Vuletić, D., Kičinbači, T., Gros, Č., Valozić, L., Matić, Č., Laura, D., Cvetko, T., Pavković, N. (2009b): Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction Final Report 2009, V2.0.0, International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance, Ig, Slovenia, HCR Center for Testing, Development and Training, Ltd., Zagreb, Croatia, 12. 9. 2010, 61 str. Interno za ITF, CTRO, CROMAC.
- Bloch, I., Milosavljević, N., Acheroy, M. (2007): Multisensor Data Fusion for Spaceborne and Airborne Reduction of Mine Suspected Areas, International Journal of Advanced Robotic System, Vol. 4, No.2, pp. 173–186.

MSP-a, što znači da su nedostupni djelatnicima HCR-a i njihova saznanja o njima su rezultat uredske analize. Rezultati tih analiza upotpunjuju se rezultatima sustava za potporu odlučivanju u protuminskom djelovanju u uvjetima neodređenosti. Na taj se način svim informacijama i podacima koji se prikazuju na tematskim kartama dodjeljuju objektivne razine uvjerljivosti.

Informacije i podaci s tih karata tako mogu poslužiti odgovornim djelatnicima HCR-a za određivanje prioriteta za izviđanje u svrhu revizije MSP-a (gdje se nalaze područja predložena za redukciju), na globalnoj (na razini cjelokupnog MSP-a RH, pod uvjetom da se prikupe novi podaci o cjelokupnom MSP-u RH) ili lokalnoj razini (na razini pojedinog MSP-a). Izviđači (pirotehničari) HCR-a prije izlaska na teren na reviziju postojećeg MSP-a mogu obaviti detaljniju pripremu na osnovi tih tematskih karata.

Tematske su karte u humanitarnom razminiranju "živa tvar", odnosno početno se oslanjaju na subjektivno postavljanje parametara (zone utjecaja indikatora) koji ovise o raznim faktorima (konfiguracija terena), pa

se mogu izrađivati u više varijanti, po različitim scenarijima koji također mogu poslužiti djelatnicima HCR-a za njihove analize, i samim time za pomoć u donošenju odluka u humanitarnom razminiranju.

Sve navedeno vodi zaključku kako su tematske karte vrlo upotrebljive u trenutačnim aktivnostima HCR-a na redukciji MSP-a, a i drugim nacionalnim centrima za razminiranje. Međutim, tim bi se kartama trebali služiti razni profili ljudi s različitom razinom poznavanja GIS-a i kartografije, pa preciznost u imenovanju pojedine tematske karte (odnosno informacija koje ona nosi) ima veliku važnost u njezinu korištenju i komunikaciji između proizvođača i korisnika. Ovaj rad daje doprinos u tom smjeru, naime, novi nazivi tematskih karata u humanitarnom razminiranju bolje karakteriziraju i opisuju ono što karta prikazuje. Na taj se način nedvosmisleno imenuju i definiraju rezultati znanstvenih metoda obrade podataka i informacija o MSP-u i približavaju krajnjem korisniku. Time se poboljšava njihova čitljivost i komunikacija između proizvođača i krajnjega korisnika.

EC IST SMART (2000): Space and airborne mined area reduction tools – SMART, EC IST-2000-25044, <http://www.smart.rma.ac.be> (5. 2. 2012.)

Frančula, N., Lapaine, M. (2008): Geodetsko-geoinformatički rječnik, Republika Hrvatska, Državna geodetska uprava, Zagreb.

ITF (2008): Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction, International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF) Ig, Slovenia.

ITF (2010): Deployment of the Decision Support System for Mine Suspected Area Reduction in Bosnia and Herzegovina, International Trust Fund for Demining and Mine Victims Assistance (ITF) Ig, Slovenia.

Krtalić, A., Matić, Č., Bajić, M. (2010): Decision support to experts for better defining and reduction of mine suspected areas, International Symposium "Humanitarian Demining 2010", Šibenik, Croatia, 27–30, April, pp. 74–77.

Krtalić, A. (2011): Sustav za potporu odlučivanju u uvjetima neodređenosti u protuminskom djelovanju utemeljen metodama daljinskih istraživanja, Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Matić, Č., Krtalić, A., Vuletić, D., Bajić, M., Gold, H. (2004): CROMAC Inputs for SMART Danger Map, SMART, EC IST-2000-25044, SMART-CROMAC-TR-28092004.

MZOS RH (2007): Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša, tehnologijski projekt TP-06/0007-01 Ministarstva znanosti obrazovanja i športa RH, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HCR Centar za testiranje, razvoj i obuku d.o.o., Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Ross, J. T. (1995): Fuzzy logic with engineering applications, McGraw-Hill, Inc., U.S.

Saaty, L. T., Vargas, G. L. (2001): Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process, Kluwer Academic Publisher, Norvel, Massachusetts, U.S.

van Genderen, J., Maathuis, B. (1999): Pilot Project for Airborne Mine-field Detection in Mozambique, EC-DG8, UK, Netherlands, Luxembourg, Sweden, United Kingdom, Portugal, Belgium, Germany, Norway, Angola project.

Vanhuyssse, S. (2002): Mission Report (fieldwork in Croatia), SMART, EC IST-2000-25044.

Vanhuyssse, S., Wolff, E., Bajić, M., Matić, Č., Krtalić, A., Vuletić, D. (2004): Danger maps, Final version, SMART, EC IST-2000-25044, SMART-IGEAT-D-040910-1.v3.0.

URL1: Hrvatski centar za razminiranje

<http://www.hcr.hr/hr/index.asp> (10. 2. 2012.)

URL2: Tables of potential indicators and suspect locations

<http://www.smart.rma.ac.be/Indicators.htm> (4. 2. 2012.)